

R.-3305/F CB 10 06833

MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO
Y COMUNICACIONES

INM INSTITUTO
NACIONAL
DE METEOROLOGÍA

NOTAS DE CLIMATOLOGIA

3

PROGRAMA DE APLICACIONES Y REDES ESPECIALES FRECUENCIAS DE LA DIRECCION DEL VIENTO



12 FEB 2002

2:
5
1)
3

R.-3300/f

CB 1005376

DISTRIBUCION DE VALORES EXTREMOS (PERIODOS DE RETORNO)



12 FEB 2002

nº 2

Andrés Blanco García

Jefe Sección Estudios Climatológicos

Servicio de Climatología del I.N.M.

DISTRIBUCION DE VALORES EXTREMOS (PERIODOS DE RETORNO)

Para el estudio de una serie homogénea de n valores extremos independientes,

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \quad (A)$$

correspondientes a una variable aleatoria x representativa de un cierto fenómeno que transcurre en el tiempo, pueden seguirse varios métodos; uno de los que dan mejores resultados es el de Gumbel que parte de la función de distribución

$$F(x) = \text{Prob}(w < x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (B)$$

en la que α y u son parámetros con estimaciones (véase bibliografía):

$$\alpha = \frac{S_n}{s} \quad \text{y} \quad u = \bar{x} - \bar{y}_n \cdot \frac{s}{S_n}$$

y, por tanto

$$\alpha(x-u) = \frac{S_n}{s} \cdot \left[x - \left(\bar{x} - \bar{y}_n \cdot \frac{s}{S_n} \right) \right] \quad (C)$$

siendo $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$ y $s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ la media aritmética y la desviación

típica de la serie (A) de valores extremos, e

$$\bar{y}_n = \frac{\sum y_i}{n} \quad \text{y} \quad S_n = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y}_n)^2}{n}} \quad (D)$$

la media y desviación típica de la serie

$$y_1 = -L \left(L \frac{n+1}{1} \right), y_2 = -L \left(L \frac{n+1}{2} \right), \dots, y_n = -L \left(L \frac{n+1}{n} \right) \quad (E)$$

en la que n es el número de términos de la referida serie (A).

Se demuestra (v. bibliografía) que si

$n \rightarrow \infty$ se cumple que

$\bar{Y}_n \rightarrow$ Constante de Euler = 0,5772156.....

y que $S_n \rightarrow \frac{\pi}{\sqrt{6}} = 1,2825498.....$

Cuando en la serie (A) los términos son valores extremos anuales, se denomina "periodo de retorno" o de "recurrencia" al intervalo medio T , expresado en años en que el valor extremo alcanza o supera el valor particular X una vez solamente

De (B) se deduce: $\text{Prob}(w \geq x) = 1 - F(x) = 1 - e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$

y, teniendo en cuenta la definición de periodo de retorno, resulta

$$T = \frac{1}{1 - e^{-e^{-\alpha(x-u)}}}, \text{ de donde } e^{-e^{-\alpha(x-u)}} = \frac{T-1}{T}$$

y de aquí, tomando dos veces logaritmos neperianos, se llega a

$$\alpha(x-u) = -L(-L \frac{T-1}{T}) = -L(L \frac{T}{T-1}) \quad (F)$$

Iguando los últimos miembros de (C) y (F) y despejando x (x tendrá ahora la significación dada antes a X) resulta

$$X = Ks + \bar{x}$$

en la que K , denominado factor de frecuencia, es

$$K = \frac{K_T - \bar{Y}_n}{S_n} \quad (G)$$

donde se ha hecho

$$K_T = -L(L \frac{T}{T-1}) \quad (H)$$

Es de notar que tanto K_T como $y_i = -L \left(L \frac{n+1}{i} \right)$, término general de la serie (E), son variables reducidas, por lo cual K es adimensional.

La determinación de K mediante (G) exige el cálculo previo de K_T por (H) para los T que interesen, y de \bar{Y}_n y S_n por las (D) aplicadas a (E) para cada n concreto. Una simplificación de este cálculo puede hacerse con la tabla auxiliar de la pág. 4, que da valores de \bar{Y}_n y S_n en función de n, y de K_T en función de T.

Resulta útil tabular K para los distintos n y T más usuales, tal como se ha hecho en la tabla de la página 5 que permite obtener fácilmente los valores de K correspondientes a los n y T que incluye.

Los valores de K dados por la tabla, o calculados directamente mediante (G), son aplicables a series (A) de valores máximos; para las de mínimos es fácil ver (bastaría multiplicar por -1 los términos de la serie de mínimos para transformarla en otra de máximos) que los valores de K han de tomarse con signo opuesto. Es decir, los valores de K obtenidos por la tabla o por (G), llevados a la expresión

$$X = \pm Ks + \bar{X}$$

permiten finalmente determinar los X correspondientes, debiéndose tomar del doble signo que antecede a K el positivo para series de valores máximos y el negativo para las de mínimos.

Para evaluar la exactitud de los X calculados, es conveniente determinar el intervalo de confianza

$$X \pm t(c) \cdot M$$

en el interior de cuyos límites es de esperar se encuentre el valor de X, para niveles, c, de confianza dados. Los valores de t(c) para los niveles de confianza más utilizados son

c = 95 %	t(c) = 1,960
c = 90 %	t(c) = 1,645
c = 80 %	t(c) = 1,282
c = 68 %	t(c) = 1,000

En la mayor parte de los casos, los valores de M pueden calcularse por medio de la fórmula

$$M = m \frac{s}{\sqrt{n}}$$

en la que, para la distribución de Gumbel, $m = \sqrt{1,1 K^2 + 1,14 K + 1}$ siendo K el valor dado por (G) o por la tabla de la pág. 5.

Valores de \bar{Y}_n y S_n en función de n

n	\bar{Y}_n	S_n	n	\bar{Y}_n	S_n
10	0.495207	0.949625	60	0.552084	1.174665
11	0.499614	0.967580	61	0.552385	1.175860
12	0.503498	0.983270	62	0.552678	1.177024
13	0.506951	0.997127	63	0.552963	1.178158
14	0.510045	1.009478	64	0.553241	1.179263
15	0.512836	1.020571	65	0.553512	1.180341
16	0.515369	1.030603	66	0.553776	1.181392
17	0.517680	1.039730	67	0.554034	1.182418
18	0.519798	1.048076	68	0.554285	1.183420
19	0.521749	1.055746	69	0.554530	1.184398
20	0.523552	1.062822	70	0.554770	1.185353
21	0.525224	1.069377	71	0.555004	1.186287
22	0.526779	1.075470	72	0.555232	1.187199
23	0.528231	1.081152	73	0.555455	1.188091
24	0.529590	1.086464	74	0.555673	1.188964
25	0.530864	1.091446	75	0.555887	1.189818
26	0.532062	1.096128	76	0.556095	1.190653
27	0.533191	1.100539	77	0.556299	1.191471
28	0.534257	1.104703	78	0.556499	1.192272
29	0.535266	1.108641	79	0.556695	1.193056
30	0.536221	1.112374	80	0.556886	1.193824
31	0.537128	1.115917	81	0.557073	1.194577
32	0.537990	1.119285	82	0.557257	1.195315
33	0.538811	1.122493	83	0.557437	1.196038
34	0.539593	1.125552	84	0.557613	1.196747
35	0.540340	1.128472	85	0.557786	1.197443
36	0.541053	1.131265	86	0.557955	1.198126
37	0.541736	1.133937	87	0.558121	1.198795
38	0.542390	1.136498	88	0.558284	1.199453
39	0.543018	1.138955	89	0.558444	1.200098
40	0.543620	1.141315	90	0.558601	1.200731
41	0.544198	1.143582	91	0.558755	1.201353
42	0.544754	1.145764	92	0.558906	1.201964
43	0.545289	1.147865	93	0.559055	1.202564
44	0.545805	1.149890	94	0.559201	1.203154
45	0.546302	1.151843	95	0.559344	1.203734
46	0.546781	1.153728	96	0.559484	1.204304
47	0.547244	1.155549	97	0.559623	1.204864
48	0.547691	1.157310	98	0.559758	1.205414
49	0.548124	1.159012	99	0.559892	1.205956
50	0.548542	1.160661	100	0.560023	1.206489
51	0.548947	1.162257	∞	0.577216	1.282550
52	0.549339	1.163804			
53	0.549719	1.165305			
54	0.550087	1.166760			
55	0.550445	1.168173			
56	0.550792	1.169546			
57	0.551128	1.170880			
58	0.551456	1.172176			
59	0.551774	1.173438			

Valores de K_T para los más usuales de T .

T	K_T	T	K_T
2	0,366513	30	3,384294
5	1,499940	40	3,676247
10	2,250367	50	3,901939
15	2,673752	60	4,085953
20	2,970195	75	4,310784
25	3,198534	100	4,600149

TABLA con valores de K para otros de n y T: K(n,T)

- 5 -
75

$\frac{n}{T}$	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75
10	-0.1355	1.0580	1.8483	2.2941	2.6063	2.8467	3.0423	3.3498	3.5874	3.7812	4.0180
11	-0.1376	1.0338	1.8094	2.2470	2.5534	2.7894	2.9813	3.2331	3.5163	3.7065	3.9389
12	-0.1393	1.0134	1.7766	2.2072	2.5087	2.7409	2.9298	3.2257	3.4563	3.6434	3.8721
13	-0.1408	0.9958	1.7484	2.1730	2.4703	2.6993	2.8856	3.1784	3.4048	3.5893	3.8148
14	-0.1422	0.9806	1.7240	2.1434	2.4371	2.6632	2.8473	3.1365	3.3600	3.5423	3.7651
15	-0.1434	0.9672	1.7025	2.1174	2.4079	2.6316	2.8136	3.0996	3.3208	3.5011	3.7214
16	-0.1444	0.9553	1.6835	2.0943	2.3819	2.6035	2.7837	3.0670	3.2860	3.4646	3.6827
17	-0.1454	0.9447	1.6665	2.0737	2.3588	2.5784	2.7571	3.0379	3.2549	3.4319	3.6482
18	-0.1463	0.9352	1.6512	2.0551	2.3380	2.5559	2.7331	3.0117	3.2270	3.4026	3.6171
19	-0.1470	0.9265	1.6373	2.0384	2.3172	2.5354	2.7114	2.9879	3.2017	3.3760	3.5890
20	-0.1478	0.9187	1.6247	2.0231	2.3020	2.5169	2.6916	2.9663	3.1787	3.3518	3.5634
21	-0.1484	0.9115	1.6132	2.0091	2.2864	2.4999	2.6736	2.9466	3.1576	3.3297	3.5400
22	-0.1490	0.9049	1.6026	1.9963	2.2720	2.4843	2.6570	2.9285	3.1383	3.3094	3.5185
23	-0.1496	0.8988	1.5929	1.9845	2.2587	2.4699	2.6417	2.9117	3.1205	3.2907	3.4986
24	-0.1501	0.8931	1.5838	1.9735	2.2464	2.4565	2.6275	2.8962	3.1040	3.2733	3.4803
25	-0.1506	0.8879	1.5754	1.9633	2.2350	2.4442	2.6144	2.8819	3.0886	3.2572	3.4632
26	-0.1510	0.8830	1.5676	1.9539	2.2243	2.4326	2.6021	2.8684	3.0743	3.2422	3.4473
27	-0.1515	0.8784	1.5603	1.9450	2.2144	2.4219	2.5906	2.8559	3.0610	3.2282	3.4325
28	-0.1518	0.8742	1.5535	1.9367	2.2051	2.4118	2.5799	2.8442	3.0485	3.2151	3.4186
29	-0.1522	0.8701	1.5470	1.9289	2.1963	2.4023	2.5698	2.8332	3.0368	3.2027	3.4055
30	-0.1526	0.8664	1.5410	1.9216	2.1881	2.3934	2.5604	2.8228	3.0257	3.1911	3.3933
31	-0.1529	0.8628	1.5353	1.9147	2.1803	2.3850	2.5514	2.8130	3.0153	3.1802	3.3817
32	-0.1532	0.8594	1.5299	1.9081	2.1730	2.3770	2.5430	2.8038	3.0054	3.1698	3.3707
33	-0.1535	0.8562	1.5248	1.9020	2.1661	2.3695	2.5350	2.7951	2.9961	3.1601	3.3604
34	-0.1538	0.8532	1.5199	1.8961	2.1595	2.3623	2.5274	2.7868	2.9873	3.1508	3.3505
35	-0.1540	0.8504	1.5153	1.8905	2.1532	2.3556	2.5202	2.7789	2.9789	3.1420	3.3412
36	-0.1543	0.8476	1.5110	1.8852	2.1473	2.3491	2.5133	2.7714	2.9709	3.1336	3.3323
37	-0.1545	0.8450	1.5068	1.8802	2.1416	2.3430	2.5068	2.7643	2.9633	3.1256	3.3239
38	-0.1548	0.8425	1.5028	1.8754	2.1362	2.3371	2.5006	2.7575	2.9561	3.1180	3.3158
39	-0.1550	0.8402	1.4990	1.8708	2.1311	2.3315	2.4946	2.7510	2.9491	3.1107	3.3081
40	-0.1552	0.8379	1.4954	1.8664	2.1261	2.3262	2.4889	2.7448	2.9425	3.1037	3.3007
41	-0.1554	0.8357	1.4920	1.8622	2.1214	2.3211	2.4835	2.7388	2.9362	3.0971	3.2937
42	-0.1556	0.8337	1.4886	1.8581	2.1169	2.3162	2.4783	2.7331	2.9301	3.0907	3.2869
43	-0.1557	0.8317	1.4854	1.8543	2.1125	2.3115	2.4733	2.7276	2.9243	3.0846	3.2804
44	-0.1559	0.8298	1.4824	1.8506	2.1084	2.3069	2.4685	2.7224	2.9187	3.0787	3.2742
45	-0.1561	0.8279	1.4794	1.8470	2.1044	2.3025	2.4639	2.7173	2.9133	3.0730	3.2682
46	-0.1562	0.8262	1.4766	1.8436	2.1005	2.2984	2.4594	2.7125	2.9081	3.0676	3.2625
47	-0.1564	0.8245	1.4739	1.8403	2.0968	2.2944	2.4552	2.7078	2.9031	3.0624	3.2569
48	-0.1566	0.8229	1.4712	1.8371	2.0932	2.2905	2.4510	2.7033	2.8983	3.0573	3.2516
49	-0.1567	0.8212	1.4687	1.8340	2.0898	2.2868	2.4471	2.6990	2.8937	3.0525	3.2464
50	-0.1568	0.8197	1.4663	1.8310	2.0864	2.2832	2.4432	2.6948	2.8892	3.0478	3.2415
51	-0.1570	0.8182	1.4639	1.8282	2.0832	2.2797	2.4395	2.6907	2.8849	3.0432	3.2367
52	-0.1571	0.8168	1.4616	1.8254	2.0801	2.2763	2.4359	2.6868	2.8807	3.0388	3.2320
53	-0.1572	0.8154	1.4594	1.8227	2.0771	2.2731	2.4325	2.6830	2.8767	3.0346	3.2275
54	-0.1573	0.8141	1.4573	1.8201	2.0742	2.2699	2.4291	2.6794	2.8728	3.0305	3.2232
55	-0.1575	0.8129	1.4552	1.8176	2.0714	2.2669	2.4259	2.6758	2.8690	3.0265	3.2190
56	-0.1576	0.8116	1.4532	1.8152	2.0687	2.2639	2.4227	2.6724	2.8653	3.0227	3.2149
57	-0.1577	0.8103	1.4512	1.8129	2.0660	2.2610	2.4197	2.6690	2.8618	3.0189	3.2110
58	-0.1578	0.8092	1.4494	1.8106	2.0635	2.2583	2.4167	2.6658	2.8583	3.0153	3.2071
59	-0.1579	0.8080	1.4475	1.8083	2.0610	2.2556	2.4139	2.6627	2.8550	3.0118	3.2034
60	-0.1580	0.8069	1.4458	1.8062	2.0586	2.2529	2.4111	2.6596	2.8518	3.0084	3.1998
61	-0.1581	0.8058	1.4440	1.8041	2.0562	2.2504	2.4084	2.6567	2.8486	3.0051	3.1963
62	-0.1582	0.8048	1.4424	1.8021	2.0539	2.2479	2.4057	2.6538	2.8455	3.0019	3.1929
63	-0.1583	0.8038	1.4407	1.8001	2.0517	2.2455	2.4032	2.6510	2.8426	2.9987	3.1896
64	-0.1583	0.8028	1.4391	1.7982	2.0495	2.2432	2.4007	2.6483	2.8397	2.9957	3.1863
65	-0.1584	0.8018	1.4376	1.7963	2.0474	2.2409	2.3983	2.6456	2.8368	2.9927	3.1832
66	-0.1585	0.8009	1.4361	1.7945	2.0454	2.2387	2.3959	2.6430	2.8341	2.9898	3.1802
67	-0.1586	0.8000	1.4346	1.7927	2.0434	2.2365	2.3936	2.6405	2.8314	2.9870	3.1772
68	-0.1587	0.7991	1.4332	1.7910	2.0415	2.2344	2.3914	2.6381	2.8288	2.9843	3.1743
69	-0.1587	0.7982	1.4318	1.7893	2.0396	2.2324	2.3892	2.6357	2.8263	2.9816	3.1714
70	-0.1588	0.7974	1.4305	1.7876	2.0377	2.2304	2.3871	2.6334	2.8238	2.9790	3.1687
71	-0.1589	0.7965	1.4291	1.7860	2.0359	2.2284	2.3850	2.6311	2.8214	2.9765	3.1660
72	-0.1590	0.7957	1.4278	1.7845	2.0342	2.2265	2.3830	2.6289	2.8190	2.9740	3.1634
73	-0.1590	0.7950	1.4266	1.7829	2.0325	2.2246	2.3810	2.6267	2.8167	2.9716	3.1608
74	-0.1591	0.7942	1.4254	1.7814	2.0308	2.2228	2.3791	2.6246	2.8144	2.9692	3.1583
75	-0.1592	0.7934	1.4242	1.7800	2.0291	2.2211	2.3772	2.6225	2.8122	2.9669	3.1559
76	-0.1592	0.7927	1.4230	1.7786	2.0275	2.2193	2.3753	2.6205	2.8101	2.9646	3.1535
77	-0.1593	0.7920	1.4218	1.7772	2.0260	2.2176	2.3735	2.6186	2.8080	2.9624	3.1511
78	-0.1593	0.7913	1.4207	1.7758	2.0245	2.2160	2.3718	2.6166	2.8059	2.9603	3.1489
79	-0.1594	0.7906	1.4196	1.7745	2.0230	2.2143	2.3700	2.6148	2.8039	2.9582	3.1466
80	-0.1595	0.7899	1.4185	1.7732	2.0215	2.2125	2.3684	2.6129	2.8020	2.9561	3.1444
81	-0.1595	0.7893	1.4175	1.7719	2.0201	2.2112	2.3667	2.6111	2.8000	2.9541	3.1423
82	-0.1596	0.7886	1.4165	1.7707	2.0187	2.2097	2.3651	2.6093	2.7982	2.9521	3.1402
83	-0.1596	0.7880	1.4154	1.7694	2.0173	2.2082	2.3635	2.6076	2.7963	2.9502	3.1382
84	-0.1597	0.7874	1.4145	1.7682	2.0159	2.2067	2.3620	2.6059	2.7945	2.9483	3.1361
85	-0.1597	0.7868	1.4135	1.7671	2.0146	2.2053	2.3605	2.6043	2.7927	2.9464	3.1342
86	-0.1598	0.7862	1.4125	1.7659	2.0133	2.2039	2.3590	2.6025	2.7910	2.9446	3.1322
87	-0.1598	0.7856	1.4115	1.7648	2.0121	2.2026	2.3575	2.6010	2.7893	2.9428	3.1304
88	-0.1599	0.7851	1.4107	1.7637	2.0108	2.2012	2.3561	2.5995	2.7877	2.9411	3.1285
89	-0.1599	0.7845	1.4098	1.7626	2.0096	2.1999	2.3547	2.5980	2.7860	2.9394	3.1267
90	-0.1600	0.7840	1.4089	1.7616	2.0084	2.1986	2.3533	2.5965	2.7844	2.9377	3.1249
91	-0.1600	0.7834	1.4081	1.7605	2.0073	2.1973	2.3520	2.5950	2.7828	2.9360	3.1232
92	-0.1601	0.7829	1.4072	1.7595	2.0061	2.1961	2.3506	2.5935	2.7813	2.9344	3.1215
93	-0.1601	0.7824	1.4064	1.7585	2.0050	2.1949	2.3493	2.5921	2.7798	2.9328	3.1198
94	-0.1602	0.7819	1.4056	1.7575	2.0039	2.1937	2.3481	2.5907	2.7783	2.9313	3.1181
95	-0.1602	0.7814	1.4048	1.7565	2.0028	2.1925	2.3468	2.5894	2.7769	2.9297	3.1165
96	-0.1602	0.7807	1.4040	1.7556	2.0017	2.1913	2.3456	2.5880	2.7754	2.9282	3.1149
97	-0.1603	0.7804	1.4033	1.7547	2.0007	2.1902	2.3444	2.5867	2.7740	2.9267	3.1133
98	-0.1603	0.7800	1.4025	1.7537	1.9997	2.1891	2.3432	2.5854	2.7725	2.9253	3.1118
99	-0.1604	0.7795	1.4018	1.7529	1.9987	2.1880	2.3420	2.5841	2.7713	2.9239	3.1103
100	-0.1604	0.7791	1.4010	1.7520	1.9977	2.1869	2.3409	2.5829	2.7700	2.9225	3.1088
101	-0.1604	0.7784	1.4004	1.7517	1.9968	2.1858					

EJEMPLO 12

Rachas MAXIMAS (en Km/h.) de viento anuales en el Observatorio de San Fernando (Cádiz).

<u>Año</u>	<u>Km/h.</u>
1965	100
66	87
67	102
68	91
69	97
70	87
71	102
72	92
73	96
74	90
75	101
76	86
77	105
78	100
79	102
1980	98

$$n = 16$$

$$\bar{x} = 96,0$$

$$s = 6,2716$$

Para $T = 2$ y $T = 5$ Obtenemos en la tabla

$$K(16,2) = -0,1444 ; K(16,5) = 0,9553$$

Aplicando $X = Ks + \bar{x}$ sale

$$X_2 = -0,1444 \times 6,2716 + 96,0 = 95$$

$$X_5 = 0,9553 \times 6,2716 + 96,0 = 102$$

Operando de igual modo resulta

<u>T (años)</u>	<u>X (Km/h.)</u>
2	95
5	102
10	107
25	112
50	117
100	121

Cálculo de los límites del intervalo que incluye, p. ej., a $X_{25} = 112$, con un nivel de confianza del 95%:

$$c = 95\%; \quad t(c) = 1,960; \quad K(16,25) = 2,6035$$

$$m = \sqrt{1,1 \times (2,6035)^2 + 1,14 \times 2,6035 + 1} = 3,3799$$

$$M = 3,3799 \frac{6,2716}{\sqrt{16}} = 5,2993$$

$$X_{25} \pm t(c)M = 112 \pm 1,960 \times 5,2993 = 112 \pm 10$$

Precipitaciones MAXIMAS (mm.) en 24 horas en Vide de Alba (Zamora)

<u>Año</u>	<u>mm.</u>
1951	58,3
52	38,6
53	30,1
54	44,6
55	40,2
56	39,3
57	27,1
58	28,5
59	38,9
60	30,6
61	41,2
62	36,1
63	65,0
64	30,4
65	40,1
66	48,2
67	26,1
68	46,1
69	46,4
70	40,8
71	50,6
72	30,2
73	56,2
1974	41,5

$$n = 24; \quad \bar{x} = 40,6292; \quad s = 10,1755$$

Para $T = 2$, obtenemos en la tabla

$$K(24,2) = -0,1501$$

Aplicando $X = Ks + \bar{x}$ sale

$$X_2 = -0,1501 \times 10,1755 + 40,6292 = 39,1$$

Operando de igual modo resulta:

<u>T (años)</u>	<u>X (mm.)</u>
2	39,1
5	49,7
10	56,7
20	63,5
30	67,4
50	72,2
100	78,8

Cálculo de los límites del intervalo que incluye, p. ej., a $X_{30} = 67,4$, con un nivel de confianza del 80%:

$$c = 80\%; \quad t(c) = 1,282; \quad K(24,30) = 2,6275$$

$$m = \sqrt{1,1 \times (2,6275)^2 + 1,14 \times 2,6275 + 1} = 3,4043$$

$$M = 3,4043 \frac{10,1755}{\sqrt{24}} = 7,0710$$

$$X_{30} \pm t(c)M = 67,4 \pm 1,282 \times 7,0710 = 67,4 \pm 9,1$$

EJEMPLO 30

Temperaturas MINIMAS absolutas de ENERO en el Observatorio del Retiro (Madrid)

<u>Año</u>	<u>°C.</u>
1941	- 7,6
42	- 5,2
43	- 2,3
44	- 4,0
45	- 10,1
46	- 5,6
47	- 5,2
48	- 2,6
49	- 2,3
50	- 2,5
51	- 4,0
52	- 6,4
53	- 3,0
54	- 5,2
55	0,6
56	- 3,0
57	- 7,0
58	- 3,6
59	- 1,6
60	- 5,0
61	- 2,2
62	- 2,0
63	- 2,4
64	- 2,8
65	- 3,6
66	0,2
67	- 2,2
68	- 4,8
69	- 2,2
1970	0,0

$$n = 30 ; \quad \bar{x} = - 3,5867 ; \quad s = 2,3409$$

Para $T = 2$ y $T_0 = 5$ obtenemos en la tabla

$$K(30,2) = - 0,1526 \quad \text{y} \quad K(30,5) = 0,8664$$

Por tratarse de una serie de MINIMOS aplicamos

$$X = - Ks + \bar{x} \quad \text{resultando}$$

$$X_2 = 0,1526 \times 2,3409 - 3,5867 = - 3,2$$

$$X_5 = - 0,8664 \times 2,3409 - 3,5867 = - 5,6$$

Operando de igual modo resulta

<u>T (años)</u>	<u>X (°C.)</u>
2	- 3,2
5	- 5,6
10	- 7,2
20	- 8,7
30	- 9,6
50	- 10,7
75	- 11,5
100	- 12,1

Cálculo de los límites del intervalo que incluye, p. ej., a $X_{50} = - 10,7$, con un nivel de confianza del 90%:

$$c = 90\% ; \quad t(c) = 1,645 ; \quad K(30,50) = 3,0257$$

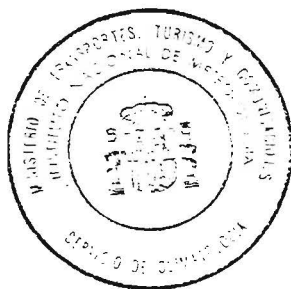
$$m = \sqrt{1,1 \times (3,0257)^2 + 1,14 \times 3,0257 + 1} = 3,8105$$

$$M = 3,8105 \frac{2,3409}{\sqrt{30}} = 1,6286$$

$$X_{50} \pm t(c)M = - 10,7 \pm 1,645 \times 1,6286 = - 10,7 \pm 2,7$$

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Guía de Prácticas Hidrometeorológicas.-O.M.M. nº 186.-T.P. 82.- 1970.
- 2.- Hidrología y recursos hidráulicos.-Por Rafael Heras.-Centro de Estudios Hidrográficos.-Madrid.- 1972.
- 3.- Precipitaciones máximas en España.-Por F. Elías y L. Ruiz.-ICONA.-Monografía 21.-Madrid.- 1979.
- 4.- Quelques Méthodes de L'Analyse Climatologique.-Por H.C.S. Thom.-O.M.M. nº 199.- N.T. nº 81.
- 5.- Statistics of extremes.-By E.J. Gumbel.-Columbia University Press.- 1958.
- 6.- Las TABLAS han sido calculadas por el Servicio de Informática del I.N.M.



Madrid, Mayo 1983